

Rezumat al Raportului Științific și Tehnic (rRST)

Etapa IV Testare și evaluare

Cod proiect: *COFUND-CHIST-ERA-SOON*

Nr contract: 101/ 17.04.2019

Titlul proiectului (în română): *Rețea Socială de Dispozitive Inteligente*

Titlul proiectului (în engleză): *Social Network of Machines*

Acronimul proiectului: *SOON*

*Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie
"George Emil Palade" din Târgu Mureș
(UMFST)*

Pagina web a proiectului partener UMFST: *<https://soon.umfst.ro>*

Durata contractului: *17.04.2019 - 28.04.2022 (36 de luni)*

Etapa IV, Perioadă de Raportare: *03/12/2021 - 28/04/2022*

Cuprins

Notă introductivă	3
1. Obiectivele Etapei IV	3
1.1. Context. Aspecte preliminare	3
1.2. Obiectivele aferente Etapei IV	4
1.3. Activitățile specifice ale etapei actuale	5
2. Rezumatul Etapei IV	6
3. Descrierea științifică și tehnică	8
3.1. Aspecte preliminare	8
3.2. Explorare și concepere algoritmi de mentenanță bazați pe inteligența artificială (Act 4.1)	9
3.3. Implementare algoritmi pentru detecția defectelor apelând la tehnici de IA (Act. 4.2)	10
3.4. Testare și evaluare soluție industrială dezvoltată. (Act.4.3)	10
3.5. Indicatori de performanță a sistemelor bazate pe agenți și evaluarea calității datelor	10
3.5.1 Indicatori de performanță de tip metrică de măsurare a inteligenței sistemelor	10
3.5.2 Indicatori de măsurare a calității datelor ce trebuie utilizate cu scop de cercetare	11
3.6. Evaluarea rezultatelor	11
3.6.1. Repere metodologice	11
3.6.2. Planul de evaluare	12
3.6.3. Rezultate ale evaluării	13
5. Rezultate etapă	14
6. Concluzii referitoare la Etapa IV de implementare a proiectului	15
7. Bibliografia selectivă	15
8. Scurt raport despre mobilități și activitatea de diseminare și/sau formare profesională	16

Notă introductivă

Acest document prezintă un rezumat (rRST) extras scurt al Raportului științific și tehnic (RST) al etapei IV de raportare specific anului 2022 cu data finalizării proiectului de 28.Aprilie.2022. RST include 27 de anexe în care sunt descrise elemente adiționale ale raportului.

1. Obiectivele Etapei IV

1.1. Context. Aspecte preliminare

Documentul de față numit Raportul Științific și Tehnic (rRST), își propune să prezinte o sinteză a principalelor activități și rezultatele aferente Etapei a IV-a de desfășurare a proiectului, cu durata de 4 luni.

O direcție importantă de evoluție în Industria 4.0 vizează integrarea tehnologiilor inteligente în toate sferele producției industriale. În concepția actuală, soluțiile inteligente, dacă sunt implementate, pot fi regăsite la nivel de aplicații de sine stătătoare, cu caracter eterogen, care în cele mai multe cazuri funcționează izolat, fără posibilitatea interconectării și cooperării eficiente în scopul îndeplinirii unor funcții integrate multi-sistem, chiar dacă au o localizare fizică apropiată. Motivația centrală a cercetărilor propuse urmărește dezvoltarea unei paradigme de interconectare facile a proceselor, a datelor, a lucrurilor și a oamenilor într-o paradigmă holistică care extinde conceptul ce stă la baza Internet-ului autentic “a tuturor lucrurilor”, cu funcții și servicii având anumite grade de inteligență.

În proiectul de față, paradigma holistică propusă este centrată pe un cadru de lucru multi-agent ce modelează mașini, procese dar și oamenii care le operează sau monitorizează. Chiar dacă automatizările au preluat multe din funcțiile operatorilor umani, prezența acestora este în continuare esențială din punctul de vedere al expertizei tehnice, care în viziunea proiectului reprezintă una dintre sursele de cunoștințe utilizate de agenții software alături de alte surse de date ce sunt utilizate de algoritmi de învățare profundă și de extragere a unor detalii și caracteristici, cu scopul de a oferi informații noi, esențiale, altfel dificil de extras de operatorii umani. Rezultatele obținute pornind de la datele colectate, respectiv în urma fuziunii și a analizei “datelor mari” (big data) și de timp-real, de natură eterogenă, furnizate de senzori (de vibrații, de temperatură etc.), de sistemele de automatizare și informare (cum ar fi sistemele de planificare și supervizare a resurselor întreprinderii), respectiv de operatorii umani care concură la sinteza deciziilor generate de soluția multi-agent dezvoltată.

Scopul principal al proiectului a constat în identificarea și propunerea unor soluții inovative pentru optimizarea proceselor de fabricație prin metode inteligente de mentenanță predictivă. Modul de rezolvare a acestei probleme în cadrul proiectului SOON pleacă de la un set de scenarii de mentenanță predictivă stabilite în colaborare cu trei companii industriale (din Slovacia, Spania și Elveția). Alegerea acestor trei parteneri industriali, caracterizați de profile și domenii industriale distincte, s-a bazat pe creșterea generalității abordării proiectului și pe dovedirea caracterului adecvat pentru o diversitate mare a proceselor industriale de fabricație. În final, s-a intenționat demonstrarea faptului că introducerea principiilor specifice Industriei 4.0, combinată cu dezvoltări recente ale învățării automate, și aplicarea unei arhitecturi bazată pe un sistem social multi-agent pot conduce în termen scurt la obținerea unei inovații semnificative în optimizarea și modelarea proceselor industriale.

În Etapa a IV-a de raportare a proiectului, consorțiul format din trei universități, un institut de cercetare al unei academii naționale și trei companii industriale cu profil de producție distinct

(producție mașini unelte, industrie siderurgică, reciclare și producție materiale plastice) din diferite țări europene s-a focusat pe finalizarea implementării soluției SOON propuse.

Consortiul de implementare a proiectului SOON este compus din următoarele entități:

- Univ. de Științe Aplicate și Arte Elveția de Vest (HES-SO), Elveția, coordonator de proiect;
- Academia Slovacă de Științe (SAV), Slovacia;
- Universitatea din Oviedo (UNIOVI), Spania;
- Universitatea de Medicină, Farmacie, Științe și Tehnologie „George Emil Palade” din Târgu Mureș (UMFST);
- Compania Tornos SA (Tornos) din Elveția, partener industrial;
- MAT-obaly s.r.o. (MAT) din Slovacia, partener industrial;
- ArcelorMittal (AMI3) din Spania, partener industrial.

1.2. Obiectivele aferente Etapei IV

Obiectivul general al proiectului SOON a urmărit investigarea impactului utilizării unor structuri de tip rețele sociale, în cazul de față adoptată fiind o soluție bazată pe agenți sociali autonomi inteligenți, pentru optimizarea proceselor de producție industrială în cadrul Industriei 4.0 din perspectiva menținerii în funcțiune la parametrii nominali și asigurarea continuității în funcționare, prin aplicarea unor măsuri adecvate de mentenanță predictivă. Soluția propusă constă în principal în anticiparea și depistarea timpurie a apariției defectărilor, identificarea naturii defectărilor, respectiv localizarea acestora. Figura 1. ilustrează conceptual idea structurii de Rețea socială de dispozitive inteligente.



Figura 1. Reprezentarea conceptuală a soluției de Rețea socială de dispozitive inteligente

Obiectivul general al Etapei I, a constat în principal în identificarea nevoilor particulare ale mediului industrial reprezentat prin intermediul partenerilor industriali și a cerințelor aferente uneltelor integrate conceptului de Industrie 4.0 propuse spre dezvoltate în acest proiect, a fost atins și realizat în întregime cu succes.

Obiectivul general aferent Etapei a II-a, a vizat conceperea unui cadru de integrare a soluțiilor de mentenanță predictivă utilizând o paradigmă cooperativă multi-agent care să includă module ce implementează algoritmi de recunoaștere și predicție inteligentă a defectării mașinilor, dispozitivelor

și a senzorilor alături de o metodă de interfațare inteligentă între mașini, respectiv interfațare avansată om-mașină, a fost realizat în întregime cu succes.

Obiectivul general prevăzut pentru Etapa a III-a, a constat în analiza, dezvoltarea și integrarea soluției prototip fundamentată pe rețea socială multi-agent pentru mentenanța predictivă, bazată pe o arhitectură elaborată specifică, un cadru de dezvoltare deschis, algoritmi și metode de interconectare la nivel de dispozitive inteligente și interfațare avansată om-mașină, a fost atins și implementat în totalitate cu succes.

Obiectivul general asociat Etapei a IV-a, ce s-a concentrat pe dezvoltarea unor algoritmi de mentenanță predictivă bazați pe tehnici de inteligență artificială, incluzând și soluții pentru predicția defectării echipamentelor și a senzorilor, respectiv proiectarea și execuția scenariilor de evaluare și testare a soluției pilot, a fost realizat în întregime cu succes.

În cadrul Etapei IV, obiectivele specifice au constat în următoarele:

- **Obiectiv 1.** Cercetare și concepere algoritmi de mentenanță predictivă bazați pe tehnici de Inteligență Artificială (IA). (realizat prin Act. 4.1);
- **Obiectiv 2.** Concepere, implementare modul pentru predicția defectării echipamentelor și senzorilor cu algoritmi de IA, alături de extinderea funcționalității infrastructurii de cercetare pe baza cerințelor rezultate din proiect, incluzând și îmbunătățirea platformei de testare și evaluare bazată pe tehnologii IoT/IIoT pentru mentenanță predictivă (realizat prin Act. 4.2);
- **Obiectiv 3.** Concepere scenarii de evaluare și testare performanțe soluție industrială pilot. (realizat prin Act. 4.3);
- **Obiectiv 4.** Management proiect, comunicare, diseminare și exploatarea rezultatelor. Planificarea eficientă a tuturor acestor sarcini prin luarea în considerare și a contextului actual pandemic cu virusul SARS-CoV-2. (realizat prin Act. 4.4)

1.3. Activitățile specifice ale etapei actuale

Toate activitățile specifice ale acestei etape, Act. 4.1-4, au fost realizate în conformitate cu Planul de Realizare al Proiectului. Activitățile Act. 4.1-3 sunt descrise în secțiunea 3, numită Descrierea științifică și tehnică.

Act. 4.1 Explorare și concepere algoritmi de mentenanță bazați pe inteligență artificială.

(Act. 1.3 începută în Etapa I a continuat în Etapa II cu identif. Act. 2.5; continuată în Etapa III cu identif. Act. 3.3; continuată în Etapa IV) [conf. plan de realizare; atins în întregime, finalizat cu succes]

Activitatea s-a axat pe proiectarea unor algoritmi bazați pe tehnici de inteligență artificială (în propunerea de proiect, WP4: T4.1, T4.2).

Act. 4.2 Implementare algoritmi pentru detecția defectelor apelând la tehnici de IA.

(activitate începută în Etapa II cu identif. Act. 2.9; continuată în Etapa III cu identif. Act. 3.7; continuată în Etapa IV) [conform planului de realizare; atins în întregime, finalizat cu succes]

Activitatea s-a axat pe implementarea modulului pentru detecția predictivă a defectelor folosind algoritmi de Inteligență Artificială (în propunerea de proiect, WP4: T4.3).

Act.4.3 Testare și evaluare soluție industrială dezvoltată.

(activitate începută în Etapa III având identificatorul Act. 3.6.; continuată în Etapa IV) [conf. planului de realizare; atins în întregime, finalizat cu succes]

Activitatea s-a axat pe testarea și evaluarea în cadrul implementărilor prototip industriale (în propunerea de proiect, WP6: T6.2).

Act. 4.4 Management proiect, comunicare și diseminare

(Continuarea Act. 1.4 din Etapa I; continuată în Etapa II cu identificatorul Act. 2.8.; continuată în Etapa III cu identificatorul Act. 3.8; continuată în Etapa IV) [conf. planului de realizare; atins în întregime; finalizat cu succes]

Include activitățile specifice de management ale proiectului, comunicare, diseminare, vizibilitate și exploatare. (în propunerea de proiect, WP1: T1.2, WP7:T7.1). Pe parcursul întregii etape s-a explorat, elaborat și adaptat strategia de exploatare.

2. Rezumatul Etapei IV

Activități specifice de implementare a soluției SOON desfășurate în Etapa IV

Etapa IV a inclus diverse activități de cercetare-dezvoltare-testare-evaluare specifice implementării proiectului, menționate în secțiunea 1.3., care au fost desfășurate cu succes conform planului de realizare.

Colaborarea cu partenerii de proiect SOON

A fost menținută o colaborare strânsă cu partenerii de proiect SOON, atât cei din mediul universitar cât și cei industriali. Lunar au fost organizate videoconferințe aferente ședințelor ordinare la care au participat toți partenerii din proiect. Cu aceste ocazii au fost prezentate rapoartele de progres de partea tuturor partenerilor. În funcție de necesități au fost stabilite întâlniri pentru discuții bilaterale pe teme de interes particulare.

Colaborarea pe linie științifică și cercetare dintre proiectele SOON și FIREMAN

Colaborarea științifică între proiectele CHIST-ERA SOON și *Framework for the Identification of Rare Events via Machine learning and IoT Networks* (FIREMAN), inițiată în prima etapă a proiectului, a fost extinsă și a continuat în cadrul perioadei curente de raportare, fiind motivată de complementaritatea existentă între cele două proiecte, respectiv de viziunea privind obținerea în sfera cercetării a unor beneficii de ambele părți.

În etapa actuală a fost organizată o nouă ediție a workshop-ului International Workshop on Smart Technologies in Industry 4.0 (RATIONALITY 2022) (<https://soon.umfst.ro/rationality.html>). La acest eveniment au fost prezentate rezultate științifice și rapoarte de progres de partea ambelor proiecte atât SOON cât și FIREMAN. La organizarea acestei noi ediții a participat și centrul de cercetare Research Center on Artificial Intelligence, Data Science and Smart Engineering (Artemis) (<https://artemis.umfst.ro> - noua platformă web este în construcție) din cadrul UMFST.

Noua ediție a constat din două sesiuni principale, prima dedicată prezentării și dezbaterii rezultatelor științifice obținute în cadrul activităților desfășurate de cele două proiecte, iar cea de a doua sesiune s-a focalizat pe prezentarea unor rapoarte de progres în cadrul celor două proiecte, SOON respectiv FIREMAN și a discuțiilor, concluziilor și a direcțiilor de exploatare a rezultatelor derivate din cele două proiecte.

Participarea la Seminarul Proiectelor CHIST-ERA 2022

Echipa UMFST a participat la noua ediție a Seminarului Proiectelor CHIST-ERA 2022 (SpCE 2022), organizat online între 28-30 Martie 2022, fiind a treia participare consecutivă la edițiile acestui seminar. În cadrul ediției 2022, de partea proiectului SOON a fost prezentat raportul de progres la care a participat și echipa UMFST. Raportul a inclus atât stadiul implementării proiectului cât și rezultatele obținute de echipa UMFST.

Participarea la competiția video organizată în cadrul Seminarului CHIST-ERA 2022

Similar ediției anterioare, și în acest an a fost organizată competiția privind promovarea proiectelor CHIST-ERA prin spoturi video în cadrul SpCE 2022. Cu ocazia acestei competiții echipa UMFST, similar ediției anterioare (DOI: 10.5281/zenodo.6476470), a realizat un material multimedia de tip

videoclip cu scop promoțional de popularizare a proiectului SOON în mediul online și nu numai. Materialul pregătit se regăsește atât pe portalul web al proiectului SOON de partea echipei UMFST cât și pe portalul web CHIST-ERA.

Actualizarea portalului web bilingv ce ține de UMFST

Portalul web al proiectului SOON (<https://soon.umfst.ro/>), accesibil la nivel internațional (fiind disponibil atât în română, cât și engleză), oferă detalii informații referitoare la partenerul din România, respectiv UMFST, participant în cadrul proiectului SOON, fiind continuu actualizat în vederea furnizării informațiilor relevante referitoare la structura proiectului și modul de derulare a acestuia. Pot fi accesate detalii specifice privind toate etapele de derulare ale proiectului.

Diseminarea rezultatelor în Etapa IV. Publicații realizate în Etapa IV

În această etapă au fost publicate trei articole în reviste cu acces deschis [Dob22, Gec22, Ian22]. Publicațiile au apărut efectiv fiind deja indexate. Unele rezultate sunt în curs de evaluare la reviste.

Brevet de invenție național în curs de evaluare

Brevetul cu titlul: Dispozitiv și metodă pentru diagnoză și mentenanță predictivă utilizate în instalația de comandă și monitorizare a parametrilor unei linii de producție cu acționări electrice, este în curs de evaluare.

Știință deschisă

În implementarea proiectului s-a ținut cont în totalitate de principiile științei deschise (Open Science). Rezultatele cercetărilor au fost publicate cu precădere în publicații cu acces deschis. În unele dintre publicații sunt incluse în întregime datele utilizate în evaluarea experimentală. Algoritmii propuși sunt descriși în întregime ceea ce permite implementarea lor în orice limbaj de programare.

Date cu acces deschis aferente platformei experimentale bazată pe un sistem de acționare cu turație variabilă

Una dintre contribuțiile importante ale UMFST în cadrul proiectului a constat în dezvoltarea unei colecții de date pentru testarea și validarea soluțiilor dezvoltate de mentenanță predictivă. Aceasta reprezintă o resursă importantă pentru derularea proiectului dar și pentru comunitatea științifică. Importanța sa este dată de disponibilitatea restrânsă a unor date din procese industriale reale datorită aspectelor legate de securitatea și protecția secretelor industriale.

Resursa dezvoltată se constituie într-un set de date cu acces deschis publicat, indexat și depozitat în cadrul unor platforme persistente (Zenodo, OpenAIRE). În vederea asigurării accesibilității sporite, independente de platformă, s-a adoptat un format deschis și facil de accesat (Comma-Separated Values). Cercetătorii interesați pot descărca aceste date sub forma unor fișiere de conținut datele etichetate pentru utilizarea lor ca un întreg sau doar a secțiunilor de interes. Setul de date deschis poate fi regăsit fie după denumire, după denumirea proiectului sau după identificatorul de obiect digital (DOI 10.5281/zenodo.6473455) alocat prin intermediul platformei depozit.

Software cu acces deschis

Una dintre contribuțiile prevăzute și asumate în planul de derulare al proiectului a constat în coordonarea, proiectarea și dezvoltarea unei soluții cadru software pentru mentenanța predictivă bazată pe platforma socială multi-agent ca soluție *edge* integrată în scenariile industriale propuse.

Soluția finalizată în ultima etapă a proiectului a fost testată și validată în cadrul scenariilor industriale, iar în etapa finală de exploatare a fost făcută disponibilă în format deschis comunității științifice și tuturor celor interesați. Pentru vizibilitate și accesibilitatea sporită s-a ales platforma GitHub, arhivarea persistentă utilizând Zenodo și indexarea prin intermediul platformei de popularizare a cercetării deschise OpenAIRE.

Disponibilă în format deschis, soluția propusă permite dezvoltări ulterioare sau utilizarea în forma

curentă, fiind concepută pentru tehnologii curente de tip IoT/IIoT ce au o perspectivă lungă de timp, de continuă adoptare și utilizare în Industria 4.0.

Componenta software dezvoltată este disponibilă cu acces deschis pe: Zenodo DOI: 10.5281/zenodo.6480321; GitHub: <https://github.com/karetkaz/soon2021> fiind Indexată OpenAIRE <https://explore.openaire.eu/search/software?pid=10.5281%2Fzenodo.6480321>

3. Descrierea științifică și tehnică

În această etapă de raportare, precum s-a enumerat anterior, au fost abordate o serie de activități cu o complexitate ridicată, atât pe plan științific cât și aplicativ. Această secțiune este dedicată expunerii problematicei și a modului de realizare a activităților desfășurate. S-a considerat utilă structurarea acestei descrieri tehnice pe secțiuni corelate cu principalele activități vizate în vederea oferirii unei perspective de ansamblu asupra soluției de mentenanță predictivă bazată pe arhitectura inovativă de sistem social multiagent holistic, ce integrează mașini, dispozitive, operatori, ontologii, cunoștințe, algoritmi de procesare în timp-real bazați pe IA și big data.

3.1. Aspecte preliminare

În acest proiect am propus spre investigare eficiența unei soluții fundamentate pe o paradigmă holistică bazată pe agenți inteligenți sociali care sunt asociați mașinilor cât și operatorilor umani. Operatorii din postura de experți furnizează cunoștințe, dar în același timp beneficiază de rezultatele prelucrărilor efectuate de agenți, ce pot fi utilizate în procesele decizionale. Acest lucru a presupus printre altele implementarea a diverși algoritmi de extragere de valori și caracteristici, respectiv algoritmi de învățare profundă cu scopul optimizării funcționării proceselor industriale analizate. Există numeroși algoritmi utilizați pentru soluționarea problemelor asociate mentenanței predictive [Car19, Zon20]. Aceștia trebuie să utilizeze cantități mari de date eterogene furnizate de o diversitate mare de echipamente și dispozitive (senzori, sisteme de control automat), dar care trebuie să concure la soluționarea în timp real a sarcinilor complexe privind mentenanța predictivă. Alături de măsurătorile în timp real, sursele de date utilizate constau în înregistrări istorice, disponibile sub forma unor serii de timp, unele având ca sursă sistemele ERP.

Soluția dezvoltată se bazează pe specificațiile provenite de la companiile industriale implicate în proiect cu activitate industrială din domenii și profil diferit. Viziunea generală pe care se bazează arhitectura propusă, este prezentată în Figura 2.

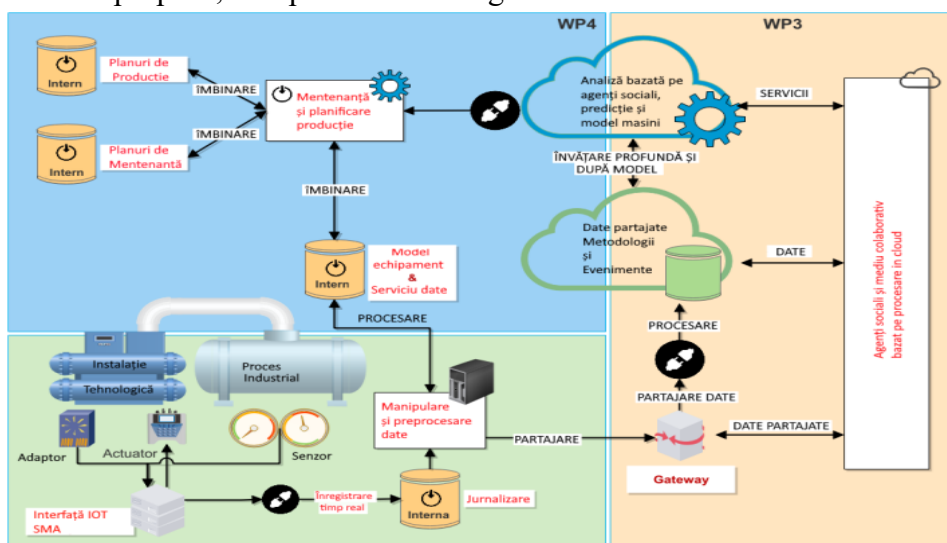


Figura 2. Soluția SOON propusă pentru mentenanța predictivă

Principala cerință a proiectării a constat în asigurarea scalabilității, astfel încât să permită înglobarea în mod dinamic a unor entități precum mașini fizice și procese, dispozitive, senzori și infrastructură TIC constând din sisteme inteligente de procesare în cloud, concentratoare de date și software de prelucrare și analiză.

3.2. Explorare și concepere algoritmi de mentenanță bazați pe inteligența artificială (Act 4.1)

Unul dintre punctele principale ale proiectului s-a centrat pe explorarea, dezvoltarea și îmbunătățirea modului de implementare a unui program de mentenanță predictivă în contextul Industriei 4.0 cu ajutorul modelelor bazate pe tehnici de învățare automată. În acest context activitățile desfășurate s-au concentrat pe i) prognoza defectării sistemelor tehnice utilizate în producția industrială dar și ii) identificarea unor anomalii care ar putea avea ca sursă date eronate cauzate de defectarea unor senzori utilizând implementări de tip IoT/IIoT, stocări de date de tip serii de timp simple/multivariate, în cazul de față în baze de date InfluxDB, la nivel de procesări tip edge (edge computing) și integrare în cloud.

Provocarea semnificativă asociată acestei activități a vizat exploatarea uneia dintre cele mai importante resurse disponibile în cadrul sistemelor industriale actuale, respectiv multitudinea datelor disponibile direct prin intermediul senzorilor și a rețelelor de senzori, sau cu ajutorul sistemelor de monitorizare și supervizare, dar și a înregistrărilor istorice disponibile prin intermediul soluțiilor de tip ERP. Atribute semnificative ce au trebuit luate în considerare vizează natura, complexitatea și cantitatea datelor disponibile care au fost tratate și exploatate din perspectiva subiectului central al acestui proiect, respectiv cel al mentenanței predictive, cu suportul metodelor și tehnologiilor existente și propuse din domeniul IA.

În mod concret au fost propuse și implementate dezvoltări ce s-au concentrat pe explorarea, proiectarea și îmbunătățirea modului de implementare a unui program de mentenanță predictivă în contextul Industriei 4.0 cu ajutorul modelelor bazate pe tehnici de învățare automată capabile să estimeze cu o acuratețe crescută apariția defectelor în cazul sistemelor tehnice utilizate în producția industrială dar și identificarea tipului de defect - detecția defectării unui subansamblu, componentă, modul sau cel al defectării senzorilor.

O caracteristică importantă a soluției dezvoltate se bazează pe faptul că chiar dacă în faza de concepere s-au utilizat și date experimentale simulate, procesul de testare și validare s-a bazat preponderent pe date experimentale de laborator reale. Astfel, echipa UMFST a apelat la datele furnizate de standul demonstrativ dezvoltat pentru testarea experimentală utilizând mărimi specifice acțiunilor electrice industriale trifazate cu turaj variabilă.

Ca și funcționalități principale ale algoritmilor au fost vizate predicția duratei de operare utilă rămasă, și respectiv, identificarea defectării senzorilor implicând tehnici de regresie logistică [Dum22, Lan20], tehnici de analiză a datelor (data analytics) și învățare automată ca soluții de estimare și clasificare. Algoritmii propuși au fost testați în cadrul soluției pilot ce funcționează în timp real și integrează soluția edge bazată pe agenți sociali dezvoltată ținând seama de scenariile concepute în colaborare cu partenerii industriali. În concluzie se poate spune că au rezultat o serie de instrumente capabile să ofere următoarele funcționalități: i) detectarea în timp real a defectării senzorilor și ii) diagnosticarea defecțiunilor, clasificarea, predicția și planificarea intervenției.

Evaluarea și validarea prin testare experimentală a soluțiilor propuse în această etapă s-a bazat pe analiza realizată în etapa anterioară ce a avut ca rezultat stabilirea și definirea indicatorilor de performanță în concordanță cu particularitățile soluțiilor definite de mentenanță predictivă. Tot acest

proces a utilizat proceduri îmbunătățite, scenarii de testare și metodologia de achiziție și prelucrare a datelor obținute stabilite cu partenerii din proiect, alături de criteriile de validare proprii.

3.3. Implementare algoritmi pentru detecția defectelor apelând la tehnici de IA (Act. 4.2)

În cadrul acestei activități s-a continuat procesul de implementare și testare a unor algoritmi destinați identificării claselor de defecte ce pot surveni în perioada de operare inclusiv în cazul senzorilor operaționali cât și a celor de monitorizare pentru implementarea soluției de mentenanță predictivă a mașinilor, dispozitivelor și utilajelor de producție industrială. Activitatea a presupus mai multe direcții de urmat precum: analiza și identificarea caracteristicilor proceselor vizate a fi utilizate ca sursă de date pentru algoritmi de învățare automată, care a inclus o serie de subactivități specifice ce au cuprins dezvoltarea și implementarea unor strategii de condiționare, filtrare, vizualizare științifică și etichetare a datelor rezultate în urma achizițiilor realizate, implementarea algoritmilor, respectiv testarea, evaluarea și validarea formală. Scopul principal al acestei activități s-a concentrat pe găsirea răspunsului la ipoteza obținerii unor îmbunătățiri a performanțelor generale de evaluare cât și de identificare corectă a proceselor de defectare.

Inițial realizarea acestei activități a fost prevăzută în Etapa III, însă în urma actualizării calendarului de desfășurare aprobat de autoritatea contractantă, finalizarea acesteia a fost prelungită în Etapa IV.

3.4. Testare și evaluare soluție industrială dezvoltată. (Act.4.3)

În cadrul acestei activități s-a urmărit verificarea și validarea posibilității transferului soluțiilor propuse din mediul de laborator în mediul real industrial. Pentru aceasta s-au desfășurat teste și evaluări în condiții experimentale reale pornind de la un model fizic constând din dispozitive și mașini reale și continuând cu sursele de semnale fizice relevante.

Activitățile de bază s-au concentrat pe realizarea testelor în concordanță cu o serie de scenarii particularizate, considerând diferite tipuri de regimuri de funcționare, multiple tipuri de defecte, cu intensități variate și perturbații de diferite niveluri, respectiv orientări și încadrări spațiale.

Datele experimentale utilizate în cercetare au fost selectate, condiționate și organizate pentru a fi accesibile în mod deschis de comunitatea științifică prin intermediul setului de date publicat în cadrul proiectului.

3.5. Indicatori de performanță a sistemelor bazate pe agenți și evaluarea calității datelor

În această secțiune sunt precizate câteva rezultate obținute de către echipa UMFST pe perioada derulării proiectului.

3.5.1 Indicatori de performanță de tip metrică de măsurare a inteligenței sistemelor

MeasApplInt [Ian19a], MetrIntPairII [Ian21] și ExtrIntDetect [Ian19b] sunt metrici universale putând fi utilizate pentru măsurarea inteligenței sistemelor indiferent de domeniul de aplicabilitate, Industria 4.0, Fabricile inteligente etc. Toate metodele sunt descrise sub formă de algoritmi ce includ toate detaliile necesare implementării în orice limbaj de programare. Toate metricile au fost evaluate experimental. Datele pe care se bazează evaluările experimentale sunt disponibile în articolele publicate.

3.5.2 Indicatori de măsurare a calității datelor ce trebuie utilizate cu scop de cercetare

Un alt rezultat [Ian22] constă într-o metodă de măsurare a calității datelor industriale. Metoda este prezentată pe larg, publicată cu acces deschis, include toate detaliile necesare implementării în orice limbaj de programare. Testarea și evaluarea se bazează pe date cu acces deschis disponibile în depozitul de date recunoscut numit UCI Machine Learning Repository.

3.6. Evaluarea rezultatelor

3.6.1. Repere metodologice

În continuare sunt prezentate ca sumar câteva repere metodologice, ce reprezintă un extras din livrabilul la nivel de consorțiu de parteneri D6.1 numit Evaluation Benchmark pregătit în colaborare de către echipa proiectului SOON.

Proiectul SOON și-a propus atingerea unei serii de obiective cu un înalt grad științific și tehnic. Îndeplinirea acestor obiective prin intermediul rezultatelor furnizate reprezintă un grad ridicat de atingere a scopului proiectului. În același timp furnizarea unor livrabile caracterizate cu ajutorul unor scale valorice în secțiunile superioare, reprezintă un atu remarcabil al dezvoltărilor și cercetărilor întreprinse în cadrul proiectului.

Această secțiune vine în completarea secțiunilor privind realizările cantitative și vizează atingerea direcției calitative urmărită în cadrul proiectului. În acest sens a fost propus și implementat un plan de evaluare a rezultatelor proiectului urmărindu-se o serie de repere, fie consacrate, propuse în literatura științifică, fie s-au considerat repere standardizate. Datorită faptului că domeniul abordat a vizat direcții de ultimă oră, pentru evaluarea unora dintre rezultate s-au propus și utilizat repere și metodologii proprii.

În mod particular trebuie menționat că s-a utilizat la nivelul întregului proiect un cadru de evaluare unificat, structurat sub forma unui model ierarhic, precum este prezentat în Figura 3.

Planul de evaluare a fost axat pe trei planuri. Primul a vizat realizabilitatea și implementarea scenariilor și demonstratorilor industriali. În acest caz, de interes s-a considerat aplicabilitatea modelelor propuse și dezvoltate, centrate pe beneficiarul soluțiilor, luând în considerare punctul de vedere al utilizatorului final și unele măsurări calitative rezultate prin prelucrarea unor evaluări în scară Likert de utilizabilitate și acceptabilitate.

Specialiștii din domeniu au propus diferite modele pentru evaluarea acceptabilității din perspectiva utilizatorilor cum ar fi modelul de acceptare a tehnologiei „MAT”, modelul de adoptare bazat pe valori „MAV”, Teoria Comportamentului Planificat „TCP”, Teoria Unificată a Acceptării și Utilizării Tehnologiei „TUAUT”. Deși unele variabile sunt similare, între aceste modele, MAV este larg acceptat, fiind considerat ca cel mai bun model pentru a explica adoptarea tehnologiilor de IA [Soh20]. MAT [Lee03] este adoptat la scară largă când se urmărește identificarea intenției de a folosi tehnologii precum roboții, web 3.0. Indicatorii TCP și TUAUT au fost folosite în cazul analizei unor sisteme care presupun interacțiunea avansată om-mașină.

A doua direcție a vizat evaluarea “inteligenței” soluțiilor dezvoltate bazate pe abordarea colaborativă de tip rețea socială implementată cu structuri de tip agenți inteligenți, pentru care nefiind însă stabilite metodologii concrete, standardizate, s-au considerat metrici proprii. Aceste rezultate putând fi considerate și rezultate de sine stătătoare au fost prezentate în secțiunea 3.5.1.

A treia direcție abordată, s-a adresat evaluării performanțelor modelelor de predicție utilizând abordări și metrici consacrate dedicate modelelor de regresie și soluțiilor inteligente de clasificare și recunoaștere a particularităților.

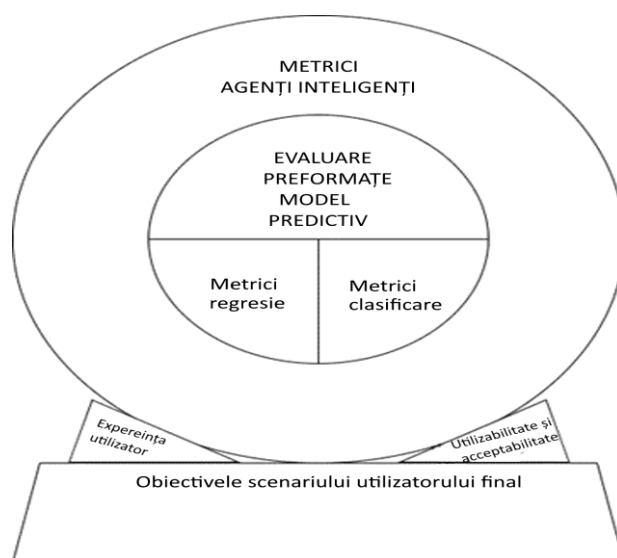


Figura 3. Cadrul de evaluare SOON.

În scopul evaluării modelului de regresie, sunt consacrate metrice precum: eroarea medie pătratică (RMSE), eroarea pătrată relativă (RSE), eroarea medie absolută (MAE), eroarea relativă absolută (RAE), coeficientul de determinare (R^2) și graficul erorilor reziduale standardizate. Tuturor acestor metrice le sunt dedicate numeroase lucrări bibliografice, cunoscând o varietate crescută de dezvoltări. Pentru rezultate semnificative s-a considerat includerea a cel puțin unei statistici printre care se consideră și o statistică bazată pe un indice de eroare absolută cu informații suplimentare, cum ar fi abaterea standard a datelor măsurate, dar și a unor tehnici de vizualizare grafică.

În cazul modelelor de clasificare s-a avut în vedere în principal aplicarea unor metrice de performanță peste matricea de confuzie. În cazul clasificării binare cele mai uzuale metrice vizate sunt: acuratețea, valoarea predictivă pozitivă (precizia), valoarea predictivă negativă, sensibilitatea și specificitatea, iar curba ROC și metricile derivate au contribuit apoi la evaluarea finală a modelelor. În cazul abordărilor multi-clasă s-au considerat extinderi utilizate în cazul clasificării binare.

3.6.2. Planul de evaluare

Data fiind complexitatea proiectului, o testare și evaluare bazată pe un model unic nu este fezabilă. În cadrul consorțiului în urma consultărilor pe grupuri de lucru dedicate s-a proiectat un plan de evaluare unificat considerând un catalog de modele abordate în proiect și categoriile posibile de evaluare. În mod concret s-au identificat necesare în cadrul proiectului următoarele situații: model sistem multiagent, model de predicție cu subclasele: regresie, clasificare binară sau multi-clasă, și altele. Rezultatul acestui proces s-a concretizat într-un formular ce furnizează un model șablon aplicabil tuturor scenariilor dezvoltate în cadrul proiectului.

Caracteristica fundamentală a abordării propuse constă în aceea că modelul de testare poate fi accesat prin intermediul unei parcurgeri de specializare, având ca punct de pornire scenariul abordat și continuând cu tipul de model căruia îi aparține scenariul. În cazul proiectului de față, respectiv a scenariilor propuse, abordarea optimă a presupus operarea pe două clase de modele organizate ierarhic: modele de nivel superior, respectiv modele derivate. Modelele de top sunt în directă corelație cu obiectivele utilizatorului final, iar cele derivate sunt corelate cu rolul modelelor în cadrul scenariilor respective.

Acest model a permis ca, pornind de la particularitățile fiecărui scenariu dezvoltat, să fie definiți indicatorii și metricile de evaluare adecvate fiecărei situații în parte.

Trebuie menționat că această abordare permite evaluarea iterativă, prin actualizarea continuă în funcție de cerințele existente sau nou introduse.

Catalogul modelelor includ diferite scenarii privind:

- Întreținerea inteligentă a rolor;
- Detectarea automată a defecțiunii senzorilor;
- Predicția automată a ordinii de operare;
- Predicția uzurii sculelor de prelucrare;
- Menținanța inteligentă;
- Utilizarea consumului de energie electrică pentru detecția întreruperilor de operare;
- Detecția defecțiunilor motoarelor electrice;
- Licitația automată colaborativă la nivel de mașini pentru optimizarea modelării și operării unui atelier.

3.6.3. Rezultate ale evaluării

Evaluările întreprinse au pornit de la scenariile definite urmând cadrul și planul menționat în secțiunea anterioară.

Procesul în sine a vizat inițial obținerea rezultatelor aferente diferitelor modele predictive, continuând cu rezultatele abordărilor centrate pe agenții inteligenți și în cele din urmă fiind vizat scenariul de evaluare dedicat utilizatorului final.

Pentru parcurgerea facilă, rezultatele evaluărilor au fost sintetizate centrat pe scenariile dezvoltate în cadrul proiectului astfel:

- Întreținerea inteligentă a rolor;
- Detecția automată a defecției senzorilor;
- Predicția uzurii sculelor în procesele de prelucrare;
- Utilizarea consumului de energie electrică pentru detecția defectelor și prezicerea întreruperilor;
- Detecția defecției mașinilor electrice;
- Licitația automată colaborativă la nivel de mașini pentru optimizarea modelării și operării unui atelier;
- Optimizarea hibridă a organizării atelierelor utilizând învățarea prin întărire multi-agent;
- Evaluarea agenților;
- Evaluarea la nivel de utilizator final.

Rezultatele evaluărilor sunt de o deosebită importanță științifică dar și practică. În mod concret acestea ilustrează modul de adecvare a modelelor propuse unor situații concrete întâlnite în practica industrială curentă în general, sau particulară Industriei 4.0, ce pornesc de la abordări recente consacrate cum ar fi modelele de regresie, cele de inteligență artificială (LSTM, învățare profundă) sau inovative particularizate sau dezvoltate în colaborare cu membrii consorțiului proiectului, precum estimatori Random Forest Regressor sau Extra Trees Regressor, algoritmul de licitație automat bazat pe agenți inteligenți, noul algoritm bazat pe backtracking asincron (Asynchronous backtracking - ABT) sau optimizare multi-agent bazată pe învățarea întărită și profundă (Multi-Agent Deep and Reinforcement Learning).

O parte dintre rezultatele evaluărilor obținute în cadrul proiectului SOON sunt în curs de publicare. În paragraful următor sunt menționate pe scurt câteva dintre rezultatele evaluărilor obținute de către echipa UMFST care au fost efectiv publicate în publicații de renume.

În continuare precizăm câteva articole în care au fost prezentate rezultate științifice și totodată au

fost prezentate rezultatele unor evaluări experimentale. Metoda de măsurare a calității datelor industriale prezentat în articolul [Ian22] a fost evaluată pe baza unui set de date depozitate în UCI Machine Learning Repository. Metricile de performanță de tip măsurare a inteligenței sistemelor numite MeasApplInt [Ian19a], MetrIntPairII [Ian21] și ExtrIntDetect [Ian19b] au fost efectiv evaluate. Articolul [Vla20] cu acces deschis prezintă rezultate ale evaluării experimentale pentru optimizarea sistemelor de contorizare inteligentă cu scopul îmbunătățirii operațiunii de înregistrare a consumului în sectorul electric. Articolul [Gho21] prezintă rezultate obținute în mod colaborativ de către tot consorțiul implicat în implementarea proiectului.

5. Rezultate etapă

Articolul [Ian22] prezintă un rezultat recent, reprezentând o metodă de măsurare a calității datelor, publicat în Etapa IV de raportare. Revista în care a fost publicat articolul este ISI, Q1 (lista de reviste zona roșie), FI 3.757 cu acces deschis.

Publicația articolului [Gec22] este revistă ISI, Q2 (lista de reviste zona galbenă), FI 2.713 cu acces deschis.

Publicația articolului [Dob22] este revistă indexată BDI cu acces deschis.

În secțiunea 3.6.2 sunt prezentate rezultate recente de cercetare referitoare la Indicatori de Măsurare a Performanței (Key Performace Indicator) pentru măsurarea inteligenței sistemelor.

Unele articole în curs de evaluare.

Este în curs de evaluare brevetul național propus.

Datele cu acces deschis obținute de către echipa UMFST.

Pe lângă rezultatele științifice proiectul și-a propus să pună bazele și suportul către unele cercetări viitoare proprii dar în același timp deschise comunității științifice. În acest sens în cadrul proiectului a fost dezvoltată o colecție de date publicată sub forma unui set de date deschise.

Modul de publicare propus permite contribuții viitoare constând în adnotări dar și completări cu noi date obținute în urma exploatării viitoare a dezvoltărilor din cadrul proiectului.

Software-ul cu acces deschis dezvoltat de către echipa UMFST.

În cadrul proiectului, sub inițiativa și coordonarea echipei UMFST, a fost dezvoltat un modul software disponibil sub forma unui framework ce implementează funcționalități pentru mentenanță predictivă bazată pe conceptul de soluție multiagent, constituindu-se în componenta edge a soluției SOON.

Dezvoltarea poate fi utilizată ca suport pentru o soluție inteligentă bazată pe tehnologii IoT/IIoT integrată în standardele Industriei 4.0. Avantajul acestui software este prezentat de structura sa modulară și deschisă, ce permite adaptări și extinderi, atât pe verticală cât și orizontală. Disponibil ca un produs open-source, această inițiativă poate fi utilizată pe scară largă, asigurându-se astfel unul din punctele propuse în planul de exploatare.

Varianta curentă, este organizată pe trei niveluri, ce permit integrarea și conectarea cu soluții de achiziție și senzori, stocarea la nivel de edge a datelor și prelucrarea inteligentă la nivel de agenți sociali dar și integrarea în cloud.

În dezvoltarea curentă soluția poate fi privită ca o abordare multi-plaformă, fiind utilizate la nivel de bază limbaje de programare ce permit acest lucru: C/C++ și Python, baze de date pentru serii de timp deschise (InfluxDb) și big data (MongoDB), metode de interconectare și comunicare moderne standardizare (MQTT), respectiv suport pentru acces la date prin platforme consacrate (Node-RED, FIWARE).

Utilitatea și perspectiva unor dezvoltări viitoare a fost validată prin feedback-ul primit în urma

prezentărilor soluției în cadrul unor seminarii și workshop-uri (cele două ediții RATIONALITY, edițiile 2020 și 2022 ale conferinței Inter-Eng și Seminarul CHIST-ERA).

6. Concluzii referitoare la Etapa IV de implementare a proiectului

Etapa IV este ultima etapă de implementare a proiectului. Cu această ultimă etapă toate activitățile au fost atinse și realizate în întregime cu succes, au dus la îndeplinirea în totalitate a tuturor obiectivelor propuse în proiect.

În Etapa IV au fost obținute diverse rezultate în cercetare dintre care unele au fost publicate sub formă de articole [Dob22, Gec22, Ian22] și/sau prezentate la conferințe.

Colaborarea științifică începută în etapa I cu membrii echipei FIREMAN a fost continuată și dezvoltată în această ultimă perioadă. Workshopul RATIONALITY 2022 a fost organizat în colaborare de către proiectele SOON, FIREMAN și Centrul de cercetare Artemis.

Comunitatea Zenodo “SOON: Social Network of Machines CHIST-ERA Project” (<https://zenodo.org/communities/soon/>) include livrabile proiectului SOON partajate cu comunitatea științifică, toate acestea au atașate număr de DOI și sunt indexate OpenAIRE.

7. Bibliografia selectivă

- [Dob21] Dobai, B.M.; Iantovics, L.B.; Paiu, A.: Exploratory Factor Analysis for Identifying Comorbidities as Risk Factors Among Patients with Cied, *Acta Marisiensis. Seria Technologica*, 18(1):47-51, 2021. 10.2478/AMSET-2021-0008 (proiectul SOON)
- [Gli21]Gligor, A.; Gatial, E.: SOON Social Network on Machines a Solution for Smart Manufacturing, *Joint FIREMAN and ee-IoT Virtual Workshop* 2021, May 14, 2021 (Presentation - without publication) (proiectul SOON)
- [Gho21] Ghorbel, H.; Dreyer, J.; Abdalla, F.; Montequin, V.R.; Balogh, Z.; Gatial, E.; Bundinska, I.; Gligor, A.; Iantovics, L.B.; Carrino, S.: SOON: Social Network of Machines to Optimize Task Scheduling in Smart Manufacturing, *2021 IEEE 32nd Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, 13-16 Sept. 2021, Helsinki, Finland, IEEE CS Press 2021, pp. 1-6, DOI: 10.1109/PIMRC50174.2021.9569644. (proiectul SOON)
- [Ian19a] Iantovics, L.B.; Kovács, L.; Rotar, C.: MeasApplInt-a novel intelligence metric for choosing the computing systems able to solve real-life problems with a high intelligence, *Appl. Intell.* 49(10): 3491-3511, 2019. (proiectul SOON)
- [Ian19b] Iantovics, L.B.; Kountchev, R.; Crișan, G.C.: ExtrIntDetect—A New Universal Method for the Identification of Intelligent Cooperative Multiagent Systems with Extreme Intelligence, *Symmetry* 11(9):1123, 2019. (proiectul SOON)
- [Ian21] Iantovics, L.B. Black-Box-Based Mathematical Modelling of Machine Intelligence Measuring, *Mathematics* 9(6):681, 2021. DOI: 10.3390/math9060681 (proiectul SOON)
- [Dob22] Dobai, B.M.; Iantovics, L.B.; Paiu, A.; Dobreanu, D.: Exploratory Factor Analysis for Identifying CIEDs Patients' Concerns during the COVID 19 Pandemic in Europe, *Interdisciplinary Description of Complex Systems* 20(1), 50-56, 2022 DOI:10.7906/indecs.20.1.7 (open access) (Etapa IV) (pro. SOON)
- [Gec22] Gecow, A.; Iantovics, L.B.: Semi-Adaptive Evolution with Spontaneous Modularity of Half-Chaotic Randomly Growing Autonomous and Open Networks, *Symmetry*, 2022, 14(1), 92; <https://doi.org/10.3390/sym14010092> (open access) (Etapa IV) (proiectul SOON)
- [Ian22] Iantovics, L.B.; Enachescu, C.: Method for Data Quality Assessment of Synthetic Industrial Data, *Sensors* 2022, 22(4), 1608; DOI:10.3390/s22041608 (open access)(Etapa IV) (pro. SOON)
- [Vla20] Vlasa, I., Gligor, A., Dumitru, C.D., Iantovics, L.B. Smart Metering Systems Optimization for Non-Technical Losses Reduction and Consumption Recording Operation Improvement in Electricity Sector, *Sensors* 2020, 20(10), 2947; DOI: 10.3390/s20102947
- [Car19] Carvalho, T.P.; Soares, F.A.; Vita, R.; Francisco, R.P.; Basto, J.P.; Alcalá, S.G.: A systematic

literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering* 137:106024, 2019.

- [Dum22] Dumitrescu, E.; Hue, S.; Hurlin, C.; Tokpavi, S. Machine learning for credit scoring: Improving logistic regression with non-linear decision-tree effects, *European Journal of Operational Research*, 297(3):1178-1192, 2022
- [Lan20] Langone, R.; Cuzzocrea, A; Skantzos, N.: Interpretable Anomaly Prediction: Predicting anomalous behavior in industry 4.0 settings via regularized logistic regression tools, *Data & Knowledge Engineering* 130:101850, 2020.
- [Zon20] Zonta, T.; da Costa, C.A.; da Rosa Righi, R.; de Lima, M.J.; da Trenidade, E.S.; Li G.P.: Predictive maintenance in the Industry 4.0: a systematic review. *Comp. & Ind. Eng.* 150:106889, 2020.
- [Yli19] Yli-Ojanperä, M.; Sierla, S.; Papakonstantinou, N.; Vyatkin, V.: Adapting an agile manufacturing concept to the reference architecture model industry 4.0: A survey and case study. *J. of Industrial Information Integration* 15:147-160, 2019.
- [Soh20] Sohn, K.; Kwon, O. Technology acceptance theories and factors influencing artificial Intelligence-based intelligent products, *Telemat. Inform.*, 47:101324, 2020.
- [Lee03] Lee, Y.; Kozar, K.A.; Larsen, K.R. The technology acceptance model: Past, present, and future, *Commun. Assoc. Inf. Syst.*, 12(1): 50, 2003.

8. Scurt raport despre mobilități și activitatea de diseminare și/sau formare profesională

Participarea la mobilități și vizite de lucru

Condițiile deosebite determinate de situația pandemică au persistat parțial și pe perioada aferentă desfășurării activităților etapei a IV-a, cu toate acestea obiectivele și activitățile specifice propuse acestei etape de raportate au fost realizate cu succes. Situația menționată a condus la limitarea posibilității efectuării anumitor tipuri de activități precum mobilitățile internaționale, vizitele de lucru, participări on-site la seminarii sau conferințe.

Participarea la Seminarul Proiectelor CHIST-ERA 2022

Unul dintre evenimentele importante ale etapei a fost reprezentată de participarea la SpCE 2022, desfășurate pe parcursul a mai multor zile, respectiv 28-30 martie, în format on-line. Echipa proiectului SOON a participat la toate secțiunile generale și cele dedicate proiectelor aflate în curs de derulare. Aici a existat oportunitatea prezentării stadiului evoluției implementării proiectului, cât și a rezultatelor obținute.

Participarea la Competiția Video CHIST-ERA 2022

Echipa SOON a participat prin intermediul unui material multimedia de tip prezentare video de scurtă durată la concursul “CHIST-ERA Projects Seminar 2022 video contest” destinat popularizării proiectelor CHIST-ERA în derulare către publicul larg.

Colaborarea științifică între proiectele SOON și FIREMAN

A fost continuată în această perioadă, motivația fiind complementaritatea și unele domenii de cercetare comune existente între cele două proiecte, ce sugerează avantaje benefice în cercetare de ambele părți.

RATIONALITY 2022

Echipa UMFST a participat la organizarea Workshop-ului RATIONALITY 2020. În cadrul acestui Workshop echipa UMFST a efectuat o prezentare a rezultatelor obținute în cercetare și totodată a contribuit la prezentarea raportului de progres a proiectului SOON.